



(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: 0 525 391 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 92110724.9

(51) Int. Cl. 5: G01V 1/38

(22) Anmeldetag: 25.06.92

(33) Priorität: 01.08.91 DE 4125461

(71) Anmelder: Prakla-Seismos GmbH
Buchholzer Strasse 100
W-3000 Hannover 51(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.02.93 Patentblatt 93/05

(72) Erfinder: Marschall, Roland, Dr. mont.
Dipl.-Ing.
Liasweg 14
W-3000 Hannover 91(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE DK GB NL

(74) Vertreter: Meyer, Ludgerus A., Dipl.-Ing.
Patentanwalt Jungfernstieg 38
W-2000 Hamburg 36(DE)

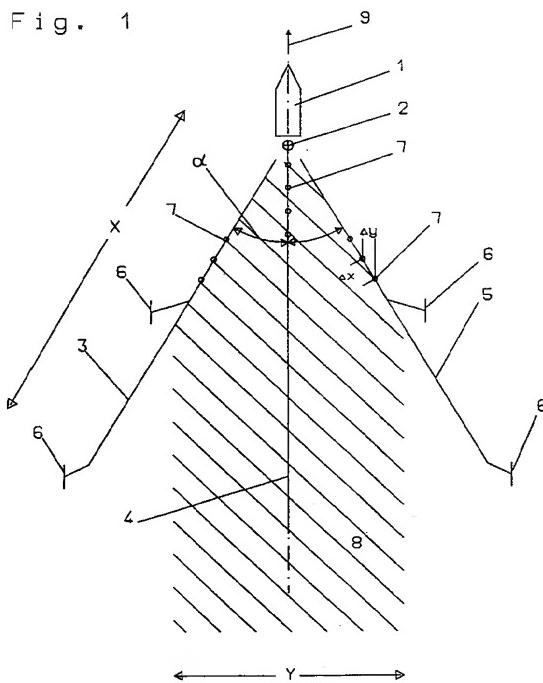
(54) Verfahren und Messanordnung zur marineseismischen Datenerfassung mit von einem Schiff geschleppten, aufgefächerten Streamern.

(57) Bei der marineseismischen Datenerfassung mit nachgeschleppten Streamern wird nur ein relativ schmaler Untergrundstreifen überdeckt. Daher ist es zur lückenlosen Erfassung des Untergrundes erforderlich, viele eng nebeneinander liegende Profillinien abzufahren.

Bei der erfindungsgemäßen Meßanordnung und dem Verfahren wird ein möglichst breiter Untergrundstreifen mit einer einzigen Profilfahrt dadurch erfaßt, daß mindestens ein Streamer (3,5) in einem spitzen Ausstellwinkel (α) zwischen seiner Längssachse und der Kurslinie des Schiffes (1) gehalten und im wesentlichen parallel zur Kurslinie (4) durchs Wasser bewegt wird, wobei der Ausstellwinkel (α) vom Schiff (1) aus beliebig in einem weiten Winkelbereich gesteuert wird, um Hindernisse auszuweichen.

Die Erfindung eignet sich für die schnelle und kostengünstige marineseismische 3-D-Erfassung größerer Meßgebiete, insbesondere in Küstengebieten und um Bohrplattformen.

F i g . 1



EP 0 525 391 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Meßanordnung zur marineseismischen Datenerfassung mit von einem Schiff geschleppten Streamern nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 6.

Die Erfassung marineseismischer Daten erfolgt heute im wesentlichen durch hinter Schiffen geschleppte Streamer. Das Schiff wird dabei vorzugsweise in parallelen Kursen über das zu erfassende Gebiet geführt. An den jeweiligen Enden einer Strecke wird das Schiff mit der Meßanordnung gewendet und in einem Abstand parallel zum vorhergehend gefahrenen Kurs in umgekehrter Richtung über das zu erfassende Gebiet geführt. Die Abstände zweier benachbarter Strecken müssen dabei zur Gewährleistung einer einigermaßen gleichmäßigen Flächenverteilung der gemessenen Untergrundspunkte sehr eng zusammen liegen. Das daher notwendige häufige Abfahren der eng nebeneinander liegenden Strecken ist zeitaufwändig und damit kostenintensiv.

Ferner ist es bekannt, für die marineseismische 3-D-Meßdatenerfassung gleichzeitig mehrere beabstandet angeordnete Streamer von einem Schiff zu schleppen. Dabei werden die Streamer ebenfalls parallel zur Kurslinie geführt. Insbesondere bei gleichzeitiger Verwendung von mehreren quer zur Kurslinie beabstandet angeordneten seismischen Quellen läßt sich ein Untergrundstreifen redundant 3-dimensional erfassen. Die erfaßten Untergrundpunkte sind dabei flächenmäßig verteilt.

Nachteilig ist, daß der überdeckte Untergrundstreifen gleichwohl noch eine relativ geringe Breite aufweist. Folglich müssen benachbarte Profilfahrten dennoch einen entsprechend geringen Abstand zueinander aufweisen. Außerdem ist es bei der geringen Breite des Untergrundstreifens schwierig, quer zur Profilfahrt geneigte Untergrundstrukturen zu erkennen.

Aus der DE 23 23 099 C2 und dem Zusatzpatent DE 24 30 863 C2 ist ein marineseismisches Aufschlußverfahren zur 3-dimensionalen Datenerfassung bekannt, bei dem eine seismische Quelle und ein Streamer vom Schiff geschleppt werden, wobei das hintere Ende des Streamers in einem festen Abstand parallel zur Grundkurslinie bewegt wird. Als Weiterentwicklung beschreibt das Zusatzpatent, daß das Schiff einen zweiten Streamer entlang der Grundkurslinie schleppt. Der überdeckte Untergrundstreifen ergibt sich als 2-dimensionales Mittelpunktgitter. Der ausgestellte Streamer wird mit einer am Ende des Streamers angeordneten Otter-Einrichtung ausgelenkt und mit einem Querversetzungswinkel von etwa 13° zwischen der Otter-Einrichtung und der Kurslinie geschleppt. Aufgrund dieser Anordnung ist der Streamer bei Meßfahrt in Form einer 2- oder 3-dimensionalen Kettenlinie gekrümmt.

Nachteilig ist, daß eine beliebige Steuerbarkeit

der Auslenkung des Streamers nicht vorgesehen ist und der Überdeckungsstreifen bei einseitiger Auslenkung relativ schmal ist.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Meßanordnung zur marineseismischen Datenerfassung zu schaffen, bei der ein jeweils an das Seegebiet angepaßter möglichst breiter Untergrundstreifen mit einer einzigen Profilfahrt erfaßbar ist.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 bzw. 6 angegebene Erfindung gelöst.

Durch Anwendung der Erfindung läßt sich vorteilhaft eine jeweils an das Seegebiet angepaßte ganz erhebliche Verbreiterung der Auslage erreichen. Damit vergrößert sich auch die Breite des überdeckten Untergrundstreifens, so daß benachbarte Profilstrecken entsprechend weiter beabstandet sein können. Insbesondere kann in Küstengebieten, z. B. in Fjorden, Buchten und Fahrwassern, eine optimale Ausnutzung der möglichen Auslagenbreite der vom Schiff geschleppten Streameranordnung durch variables Ausstellen der Streamer und Umfahren von Untiefen und Hindernissen erreicht werden. Ferner ist es möglich, Abdriftveränderungen auszugleichen oder auf freien Seegebieten Bohrinseln und ähnlichen Hindernissen auszuweichen. Vorteilhaft ergibt sich damit, daß für die 3-dimensionale seismische Vermessung eines Seegebietes weniger nebeneinander liegende Profilstrecken abgefahren werden müssen. Insgesamt ergibt sich eine hohe Kosten- und Zeitsparnis.

In Ausgestaltung des Verfahrens wird die Position der geschleppten Streamer, vorzugsweise ständig wiederholend, erfaßt. Damit ist eine genaue Zuordnung der seismischen Spuren zu bestimmten Untergrundpunkten möglich.

Dadurch, daß der ausgestellte Streamer im wesentlichen geradlinig gehalten wird, ist eine möglichst gleichmäßige Verteilung von Untergrundpunkten senkrecht zur Kurslinie gewährleistet.

In vorteilhafter Ausgestaltung des Verfahrens ist neben den aufgefächerten Streamern zur breiten Untergrundüberdeckung mindestens ein konventionell angeordneter Streamer vorgesehen. Bei einem konventionell geführten Streamer können mit den Meßdaten aufgrund hoher Mehrfachüberdeckung Geschwindigkeitsanalysen und ähnliche Bearbeitungsschritte durchgeführt werden.

Mit mindestens zwei konventionell, d.h. parallel zur Kurslinie, geführten Streamern kann vorteilhaft neben der erfindungsgemäßen breiten Untergrundüberdeckung eine 3-dimensionale konventionelle Meßdatenerfassung im zentralen Bereich des überdeckten Untergrundstreifens erreicht werden und zwar in redundanter Mehrfachüberdeckung. In der Auswertung können dann laterale Geschwindigkeitsänderungen von geneigten Horizonten unterschieden und Neigungsrichtungen bestimmt wer-

den.

Die Meßdaten werden entsprechend den Hydrophon- und Quellenpunktorten berechneten Mittelpunkten zugeordnet. Die Mittelpunkte werden zur nachfolgenden Datenverarbeitung einem Flächenraster durch Verwendung einer sich bekannten "Binning"-Technik zugeordnet.

Die durch den erhöhten Strömungswiderstand an den aufgefächert geschleppten Streamern erzeugten Störgeräusche werden vorteilhaft mit Filterprozessen und/oder der Verwendung von Hydrophonen mit Richtcharakteristik unterdrückt.

Die erfindungsgemäße Meßanordnung zur marineseismischen Datenerfassung weist mindestens eine Aufhaltevorrichtung auf, die ein vom Schiff gesteuertes hydrodynamisch wirkendes Scherbrett aufweist. Mit einer derartigen Anordnung können die Streamer allein aufgrund der bei Profilfahrt wirkenden Umströmung ausgestellt bzw. aufgefächert werden. Der Anstellwinkel der Scherbretter läßt sich vom Schiff aus steuern, um jederzeit Korrekturen an der Streameranordnung ausführen zu können.

In besonderer Ausgestaltung der Vorrichtung sind Dipolhydrophone mit rechtwinklig zur Streamerlängsachse angeordneter Polebene im Streamer vorgesehen, so daß bereits bei der Meßdatenaufnahme Strömungstörgeräusche unterdrückt werden.

Weiter können Strömungstörgeräusche mit einem im wesentlichen tropfenförmigen Querschnitt aufweisenden Streamer verringert werden. Damit werden Strömungsturbulenzen am schräg durchs Wasser gezogenen, ausgestellten Streamer vermindert.

In weiterer Ausgestaltung kann die Ausbildung von im Streamer geführten Störwellen durch Angleichen der akustischen Impedanz von Streamerumhüllung und -flüssigkeit verhindert werden.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung im folgenden näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Meßanordnung.

Das Meßschiff 1 schleppt sowohl die seismische Quelle 2 als auch die mit Meßaufnehmern (Hydrophongruppen) 7 ausgestatteten Streamer 3, 4, 5. Der Streamer 4 wird in herkömmlicher Weise auf der Kurslinie 9 hinter dem Meßschiff 1 hergezogen. Die Streamer 3 und 5 sind um den Winkel α rechts und links der Kurslinie 9 aufgefächert. Die Länge der ausgestellten Streamer 3, 5 ist mit X bezeichnet. Diese Meßanordnung überdeckt einen Untergrundstreifen 8, der in Fig. 1 schraffiert dargestellt ist.

Um den Strömungswiderstand der schräg durchs Wasser gezogenen Streamer 3, 5 beherrschbar zu halten, sind vorzugsweise Ausstellwinkel von $\alpha \leq 45^\circ$ zu verwenden. Wird $\alpha = 30^\circ$

gewählt, so ergibt sich eine Breite Y des überdeckten Untergrundstreifens 8 von $Y = X / 2$. Daraus folgt bei Verwendung von Streamern üblicher Länge X von 1,2 bzw. 2,4 km eine Breite Y von 0,6 bzw. 1,2 km des überdeckten Untergrundstreifens 8. Zur flächendeckenden 3-D-Erfassung des Untergrundes sind damit lediglich jeweils um 0,6 bzw. 1,2 km beabstandete, nebeneinander liegende Profilfahrten nötig. Das zu erfassende Meßgebiet wird so vorteilhaft schnell vermessen. Die Folge sind erhebliche Kostenersparnisse für die vollständige seismische 3-D-Erfassung.

Weiter ergibt sich bei dieser Geometrie bei einem Abstand x der Hydrophongruppen 7 in den Streamern 3, 5 ein lateraler Meßpunktabstand von $y = x / 2$. Mit diesem Meßpunktabstand quer zur Kurslinie und dem durch gewöhnlichen Meßfortschritt in Kurslinie erreichten Meßpunktabstand, der beispielsweise dem Hydrophonengruppenabstand x entspricht, wird der zu untersuchende Untergrund rasterartig vermessen. Der schnellere Meßfortschritt wird mit einer gegenüber herkömmlicher 3-D-Marine seismik verringerten Mehrfachüberdeckung im aufgefächerten Bereich erreicht.

Die Auswertung der zu einem Reflexionspunkt im Untergrund gehörenden seismischen Einsätze zur Geschwindigkeitsanalyse wird daher vorteilhaft auf die Daten des herkömmlich angeordneten Streamers, der mit hoher Überdeckung aufzeichnet, beschränkt. Die so auf jeder Profilfahrt entlang der Kurslinie 9 ermittelten Stapelgeschwindigkeiten können dann in Querrichtung zur Profilfahrt von Profil zu Profil interpoliert werden. Übliche 3-D-Binnigtechniken oder auch spezielle räumliche Samplingfilter können zur weitere Datenverarbeitung benutzt werden.

Die erfindungsgemäße Meßanordnung weist an den aufgefächerten Streamern 3, 5 angeordnete Aufhaltevorrichtungen 6 auf. Vorteilhaft sind diese Aufhaltevorrichtungen 6 als hydrodynamisch wirkende Scherbretter ausgestaltet. Die bei Profilfahrt umströmten Scherbretter 6 lassen sich in ihrem Anstellwinkel vom Meßschiff 1 aus steuern. Dabei erzeugen die Scherbretter 6 je nach eingestelltem Anstellwinkel eine quer zur Kurslinie 9 gerichtete Kraft, so daß ein mit diesem Scherbrett 6 verbundener Streamer 3, 5 ausgestellt wird und gegen den erhöhten Strömungswiderstand des schräg durchs Wasser gezogenen Streamers 3, 5 diesen in seiner erfindungsgemäß vorgesehenen Lage hält. Vorteilhaft werden dabei die Scherbretter 6 mit einem Seil oder ähnlichem mit den Streamern 3, 5 verbunden. Damit lassen sich die an den Scherbrettern 6 auftretenden Strömungstörgeräusche vom Streamer fernhalten.

Mit Hilfe von zur Streamerortung üblichen Instrumenten läßt sich die Lage der aufgefächerten Streameranordnung bestimmen. Beispielsweise

können die Streamer mit Kompassen mit einer Regeleinrichtung verbunden sein, die die Anstellwinkel der am Streamer verteilten Aufhaltevorrichtungen 6 ständig nachregeln, so daß ein bestimmter vorgewählter Ausstellwinkel während der gesamten Profilfahrt eingehalten werden kann.

Die Hydrophongruppen 7 in den Streamern sind aus Dipolhydrophonen aufgebaut. Die Dipolhydrophone besitzen eine Richtcharakteristik, so daß entlang des Streamers laufende Störwellen unterdrückt werden.

Zur weiteren Verminderung der Strömungsstörgeräusche sind die aufgefächerten Streamer 3, 5 mit tropfenförmigem Querschnitt ausgebildet. Die Tropfenform verringert den Strömungswiderstand der schräg durchs Wasser gezogenen, aufgefächerten Streamer 3, 5.

Patentansprüche

1. Verfahren zur marineseismischen Datenerfassung mit mindestens einem von einem Schiff geschleppten Streamer, dessen hinteres Ende in einem im wesentlichen festen Abstand parallel zur Kurslinie bewegt wird, wobei der Streamer in einem spitzen Ausstellwinkel (α) zwischen seiner Längsachse und der Kurslinie des Schiffes (1) gehalten wird, und mit mindestens einer vom Schiff geschleppten seismischen Quelle, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsachse des im Winkel zur Kurslinie geführten Streamers (3, 5) im wesentlichen gradlinig gehalten wird und daß der Ausstellwinkel (α) vom Schiff (1) aus beliebig in einem weiten Winkelbereich steuerbar ist, um während einer einzigen Meßfahrt einen breiten kontinuierlichen Überdeckungsstreifen seismisch zu erfassen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mindestens ein Streamer (4) mit seiner Längsachse parallel zur Kurslinie geführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere weitere Streamer (3, 5) mit ihren Längsachsen beiderseits der Kurslinie (9) in einer Fächeranordnung ausgestellt geführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche Lage der Streamer erfaßt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßdaten als 3-D-Datenvolumen erfaßt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßdaten zur Störgeräuschunterdrückung gefiltert wer-

den.

6. Meßanordnung zur marineseismischen Datenerfassung mit mindestens einem von einem Schiff geschleppten Streamer, wobei mindestens ein Streamer (3, 5) mit einer Aufhaltevorrichtung (6) zusammenwirkt, durch die der Streamer mit seiner Längsachse in einem spitzen Ausstellwinkel (α) zur Kurslinie (9) gehalten wird, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufhaltevorrichtung (6) zur Einstellung des Ausstellwinkels (α) ein vom Schiff aus steuerbares hydrodynamisch wirkendes Scherbrett aufweist.

7. Meßanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß entlang des ausgestellten Streamer (3, 5) mehrere Aufhaltevorrichtungen (6) angeordnet sind.

8. Meßanordnung nach Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens der ausgestellte Streamer mit Dipolhydrophonen ausgestattet ist, deren Polebene rechtwinklig zur Streamer-Längsachse ausgerichtet ist.

9. Meßanordnung nach Ansprüche 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der ausgestellte Streamer (3, 5) einen im wesentlichen tropfenförmigen Querschnitt aufweist.

10. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 6 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens der ausgestellte Streamer eine äußere Umhüllung aufweist, die annähernd die gleiche akustische Impedanz wie die im Streamer befindliche Flüssigkeit aufweist.

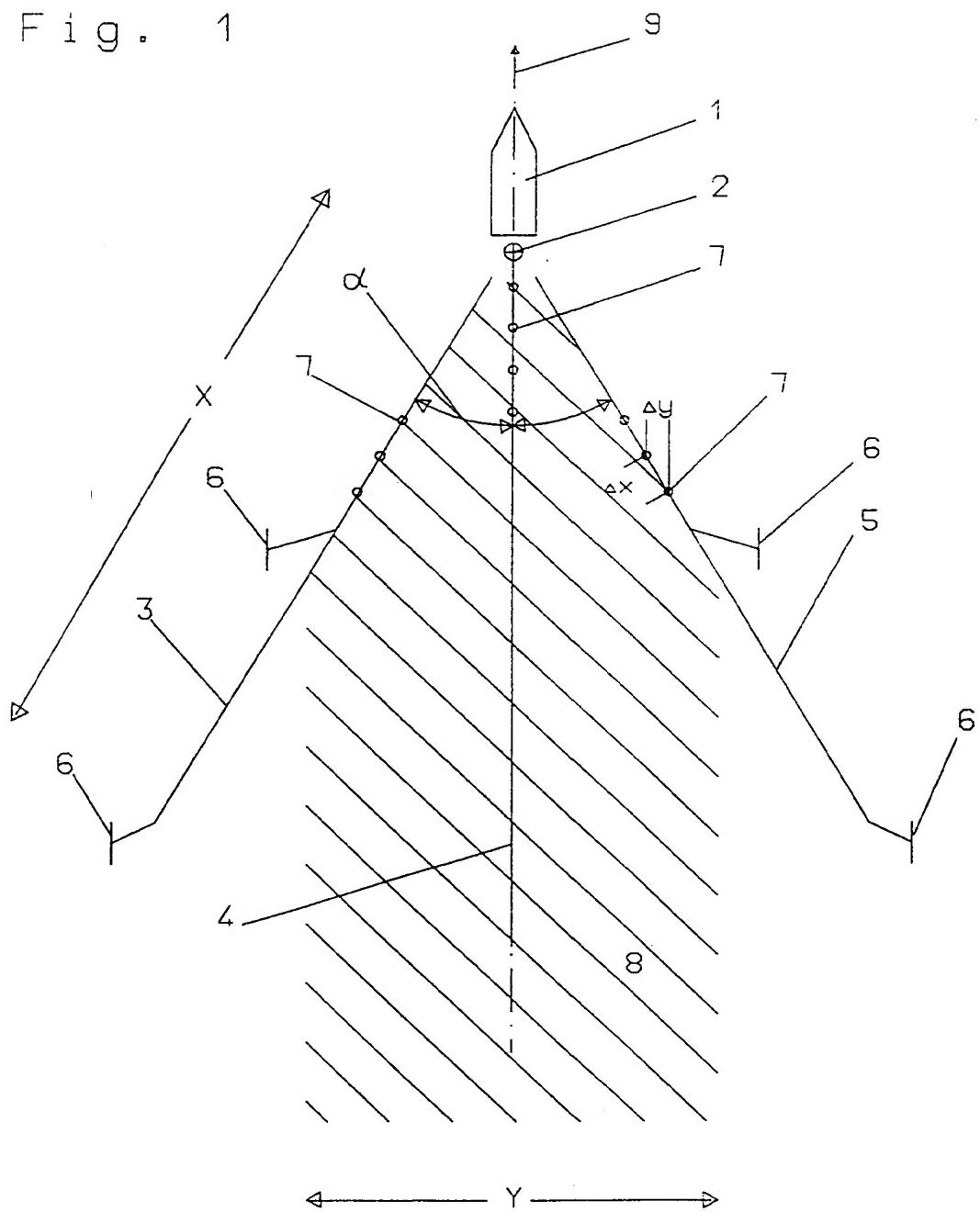
40

45

50

55

Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 92110724.9								
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)								
A	<u>US - A - 3 973 236</u> (MC LAUGHLIN) * Gesamt; insbesondere Fig. 1; Spalte 2, Zeilen 1-9, 27-48 *	1, 2, 6, 7	G 01 V 1/38								
A	<u>US - A - 4 872 144</u> (YOUNG) * Fig. 9; Spalte 6, Zeilen 54-64 *	1, 2, 6, 7									
A	<u>US - A - 4 404 664</u> (ZACHARIADIS) * Fig. 1; Zusammenfassung; Spalte 4, Zeile 40 - Spalte 5, Zeile 5 *	1, 6									
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)											
G 01 V 1/00											
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort WIEN</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche 21-10-1992</td> <td style="width: 34%;">Prüfer TOMASELLI</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>				Recherchenort WIEN	Abschlußdatum der Recherche 21-10-1992	Prüfer TOMASELLI	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument </td> </tr> </table>			X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort WIEN	Abschlußdatum der Recherche 21-10-1992	Prüfer TOMASELLI									
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument </td> </tr> </table>			X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument							
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument										